

列状間伐による木質バイオマス利用の可能性

—東京農業大学大桁山分収林を事例として—

吉野 聡*・矢部和弘**・佐藤孝吉**

(平成 21 年 11 月 11 日受付/平成 22 年 3 月 12 日受理)

要約：木質バイオマスは、石化資源にかわる再生可能な資源の一つであり、エネルギー問題や環境問題など様々な側面から注目されている。木質バイオマス利用を考える際に、林地残材の活用が重要である。しかし、素材価格の低迷、高額な素材生産費、容易でない林地残材の集荷などの問題から、林地残材は有効利用されていない。今後は、資源の供給や活用方法だけでなく、素材価格と素材生産費の関係に注目し議論する必要がある。列状間伐は低コストかつ集約的な間伐である。また、林地残材が作業道付近に散在するので、列状間伐による木質バイオマスは、 V_1 （素材市場や製材工場への生産量）、 V_2 （作業道付近の利用可能な木質バイオマス量）、 V_3 （搬出不可能な木質バイオマス量）に分けられると考えた。そこで、東京農業大学大桁山分収林で行われた列状間伐および間伐材の流通を事例に、素材価格と素材生産費から木質バイオマス利用の可能性を考察した。分析の結果、東京農業大学大桁山分収林における対象林分（3.98 ha）からの間伐材は、 V_1 が 213.138 m³ で、 V_3 をほぼ 0 であると仮定すると V_2 が 189 m³ となった。素材生産費の内訳は、素材の伐採・搬出・運材費が 1,535,494 円、作業道開設費は 1,791,000 円であった。しかし、作業道開設と間伐に対する補助金を活用したので、素材生産費の負担は 1,607,594 円（7,543 円/m³）となった。 V_1 は収益がマイナスの材と、収益が 4,560 円/m³（久保山（2009）による他のエネルギーとの競争が可能な価格）以下の材と、収益が 4,560～13,300 円/m³ の材、三つに分類できた。 V_2 材と V_1 材の一部を木質バイオマスとして利用すると仮定すると、1 m³ あたりの素材生産費が下がり、マイナス材が減少すると推定した。本事例における木質バイオマス利用として、木質バイオマス資源への全利用という経営戦略が可能性の一つとして考えられる。

キーワード：列状間伐、木質バイオマス利用、素材価格、素材生産費、経営戦略

1. はじめに

木質バイオマスは、森林生体量（生物量、現存量）全体を意味し¹⁾、石化資源にかわる再生可能な資源の一つである。木質バイオマスの議論は、エネルギー問題だけでなく、地球の温暖化防止などの環境問題、森林資源の有効利用による経済問題、山村再生のための社会問題など様々な側面からなされている。わが国における木質バイオマス利用は、大きく分けると建築廃材を利用したもの、製材残材を利用したもの、林地残材を利用したものの三つに分かれる。久保山（2009）²⁾ によれば 2004 年時点で、木質バイオマスに利用されているのは建築廃材 480 万 t と製材残材 610 万 t の約半分である。ただし、製材残材の残りの半分はチップに利用されているため木質バイオマスとはなりにくい。しかし、林地残材 390 万 t はほとんど未利用で、木質バイオマスへの利用が可能である。しかしながら、素材価格（ p ：m³ あたりの素材価格）が低迷しているため、素材生産費用（ a ：m³ あたりの素材生産費用）が高額の場合は、森林生産物が林内に放置されていて有効利用されていない。木質バイオマスの有効利用のためには、 p と a との関係に着目す

る必要がある。しかし、これまでの木質バイオマスに関する研究をみても、泊（2009）³⁾ の木質バイオマスの位置づけに関する研究、渡辺（2009）⁴⁾ や大場（2009）⁵⁾ などによる木質バイオマス導入に関する事例研究、大原（2009）⁶⁾ によるペレット以外での木質バイオマスにおける利用についての研究など木質バイオマス資源として有効活用する調査や研究が中心となっている。一方で、久保山（2009）²⁾ は、日本における森林バイオマスの可能性を他のエネルギーとの競争価格をもとに、コストについて論じている。その中では 12 円/kg（4,560 円/m³：気乾密度を 0.38 g/cm³ とした場合⁷⁾）が他のエネルギーとの競争価格のラインであり、広葉樹材利用の際には 11,000 円/m³ 程度での買い取りになると主張している。久保山（2009）²⁾ は木質バイオマスにおける p と a について論じているが、その関係性は a の観点から p を検討しているものである。そのため厳密には p と a の両者の間の関係から論じているものではない。

ここで、 p と a について整理すると次のようになる。 p の相場は、素材の供給過多により需給のバランスが崩れていることと生産者の価格交渉能力がないことから、素材市場などにおける製材業者の購入価格を基準として安価で安

* 東京農業大学大学院農学研究科林学専攻（ventulus14@yahoo.co.jp）

** 東京農業大学地域環境科学部森林総合科学科

定してきている。一方 a は、作業路の開設により高性能林業機械が導入され、機械化が進むことにより低下してくる。 a を低減する間伐方法として列状間伐がある。本論文では低質材の木質バイオマス利用を、構造成材としての利用を収支面から考えて優先するとして、木質バイオマス資源の新たな利用について、 p と a との関係を考慮して論ずることにした。具体的には、東京農業大学大桁山分収林で行われた列状間伐および間伐材の流通を事例とし、 p と a から木質バイオマス利用の可能性を考察することにした。

2. 列状間伐による木質バイオマス利用の視点

列状間伐は、全く機械的に伐採列を決定し、間伐する方法である。個々の立木の性質を無視して伐採を行うので質を向上させる施業には向かないが、作業効率は非常に高いのが特徴である。通常、作業路を開設し、立木の先行伐倒、全木集材、作業路での造材作業を行うため、高性能林業機械の導入が容易であり、伐採、搬出が能率良く行われる。このため、素材の搬出量は多くなるが、搬出された素材の形質は、低質材を多く含むこともある。したがって、列状間伐により a を下げたとしても、 p が低ければ収益が期待できず、林地残材が作業路付近に散在してトータルでみた収益は半減する。このような場合の林地残材の木質バイオマス利用が可能になれば、森林資源への有効利用につながると考えられる。

間伐による木質バイオマスを、間伐立木材積 (V : 間伐する立木全体のバイオマス量) で素材状況を表すと (1) 式となる。

$$V = V_1 + V_2 + V_3 \quad (1)$$

V_1 : 間伐材の素材市場や製材工場への生産量

V_2 : 作業道付近にある利用可能な木質バイオマス量

V_3 : 搬出不可能な木質バイオマス量

V_1 は、伐採と搬出後に素材市場や製材工場へ運搬され、構造成材などに活用されている木材である。造材作業は、地域の木材需要状況や木材価格を考慮しながら、素材の性質(曲がり、腐れなど)を判断して、最適と思われる径級や長級に造材される。 V_2 は、伐採され作業路へと搬出されるが、 V_1 として運搬されなかった根元、梢端部、形質が悪い低質材である。これらを利用可能な木質バイオマスとして注目した。 V_3 は、伐採後に集材されずに林地に残った低質材、枝葉、切り株などである。地利条件が不利な場所や若齢時の切り捨て間伐は、ほとんどすべてが V_3 であり、利用する材を中心に間伐する(利用間伐)場合は V_1 の割合が増大する。 $V_1 \sim V_3$ の割合は、 V_1 の p が低く a が高ければ V_1 が少なく V_3 が多くなる。反対に p が高く a が低ければ、 V_3 が少なくなる。

列状間伐において全木集材を行った場合、作業路まで搬出する木材 ($V_1 + V_2$) が多く、 V_3 が少ないことが特徴である。 V_1 、 V_2 の割合を決定づけるものは p である。素材市場で p が高騰すれば、 V_1 の割合が多くなり V_2 が少なくなる。列状間伐の特徴を考慮すると、作業が単純なため a を安価

にすることができるが、 p が低いと V_2 が多くなり森林所有者にとって列状間伐によるメリットを活かすことにならない。逆に p が高騰するとするならば、列状間伐により価値の高い V_1 の林分へと誘導できず、将来性を考慮すると単純に列状間伐が良いとはいえない。現在のように p が低迷している時に列状間伐を実施すると、 V_2 材を利用することによって木質バイオマス利用の割合が高くなり、列状間伐による資源活用効果が大きくなると考えられる。つまり、 V_2 の価格形成が列状間伐の特徴を活かし、さらに木質バイオマス利用の有効利用へと展開すると考えられる。

3. 列状間伐の現状分析

(1) 対象林分の概要

東京農業大学大桁山分収林は1980年に「林学研究教育の向上発展を目標とすること、地方林業の振興に協力すること」を目的として、妙義町(現在の富岡市)との間に分収契約を結んだ林分である⁸⁾。分収林は大桁山北側に位置する町有林(群馬県富岡市妙義町菅原)67 haである。分収林は標高約400~600 mに位置し、利根川の支流である鍋川流域にある⁸⁾。

対象とした林分3.98 haは、スギ(一部ヒノキ)を主林木とし、森林簿によると林齢34年生の林分1.6 haおよび37年生の林分2.38 ha(林齢分は2007年に列状間伐を実施)の2つに分けられる。二つの林分は共に1993年に切り捨て間伐が実施された。2004年時点の蓄積は1,682 m³ (422.6 m³/ha)で、小班ごとにみるとそれぞれ704 m³ (440.0 m³/ha)、978 m³ (410.9 m³/ha)あった。列状間伐実施後の2008年3月の調査では、平均樹高15.3 m、平均胸高直径23.9 cm、本数密度は1,083 本/ha、林分推定材積は1,280 m³ (321.49 m³/ha)となった⁹⁾。ただし、この林分材積は標準地調査によるものであり、標準地内の樹高と毎木の胸高直径調査から樹高曲線を作成し、算出樹高、胸高直径をもとに収穫表あるいは胸高形数表を利用して計算をした推定量である。

列状間伐による伐採量を伐採前後の材積で推定すると、間伐立木材積(V)は402 m³、材積の間伐率約24%となった。

(2) 素材生産事業および素材生産費

列状間伐実施の主な理由は、該当林分が水源涵養林の対象となっていないことから間伐に対する補助率が低かったこと、同時に間伐が遅れていたこと、列状間伐に対する補助金(森林活性化対策事業: 列状間伐)を有効活用した方がよいなど保育を中心とした判断からであった。列状間伐は、大桁山分収林の管理作業を行っているM森林組合が素材生産業者(S林業)に依頼し、2006~7年に3残1伐で実施した。列状間伐は作業路1,194 m (300 m/ha)を開設し、チェーンソーによる先行伐倒、グラップルローダーによる木寄せ、プロセッサによる造材、フォワーダによる集材を行い、トラックにより約15 km離れたN森林組合の素材市場へ運搬された。できるだけ素材を搬出して列状間伐の特徴を引き出すこととし、造材方法はS林業の判断によって決定された。素材市場へ運搬した素材は、213.138 m³で間

表 1 はい積みごとの販売された素材の状況

はい積み 番号	販売日	樹種	長級 (m)	径級(cm)			本数 (本)	単価 (円/㎡)	材積 (㎡)	売上金額 (円)
				最小	最大	平均直径				
1	3月8日	スギ	3	18	24	20	112	12,500	13.926	174,075
2	3月8日	スギ	4	12	16	14	75	12,000	5.594	67,128
3	3月8日	スギ	1.8	16	30	21	25	7,600	2.035	15,466
4	3月8日	スギ	4	5	9	9	59	8,626	1.710	14,750
5	3月8日	スギ	3	6	11	9	156	5,250	3.881	20,375
6	3月8日	スギ	3	1	11	9	227	5,250	5.344	28,056
7	3月20日	ヒノキ	4	16	18	17	38	23,860	4.268	101,834
8	3月20日	スギ	4	15	16	15	59	12,800	5.610	71,808
9	3月20日	ヒノキ	4	13	14	14	39	16,300	3.002	48,933
10	3月20日	スギ	3	22	28	24	81	11,000	14.347	157,817
11	3月20日	スギ曲がり	3.65	24	30	27	4	10,030	1.072	10,752
12	3月20日	スギ	3	18	24	20	126	11,500	15.461	177,802
13	3月20日	スギ	3	18	22	20	65	11,500	7.974	91,701
14	3月20日	スギ	3	16	20	18	10	10,500	0.953	10,007
15	3月20日	スギ	4	22	38	28	28	13,300	8.734	116,162
16	3月20日	スギ	3	14	18	17	154	10,580	13.744	145,411
17	3月20日	ヒノキ	4	10	13	12	45	10,820	2.460	26,617
18	4月3日	スギ曲がり	3	18	26	20	152	4,401	18.305	80,560
19	4月3日	スギ曲がり	4	10	14	12	300	5,609	18.720	105,000
20	4月3日	スギ曲がり	3	12	16	14	219	4,414	12.901	56,940
21	4月3日	スギ	4	10	13	12	90	11,300	5.010	56,613
22	4月3日	スギ	4	12	14	14	51	11,800	3.808	44,934
23	4月3日	スギ	3	6	11	9	238	5,250	5.834	30,629
24	4月3日	スギ	3	11	12	11	104	5,250	4.052	21,273
25	4月3日	スギ	3	13	13	13	27	5,250	1.377	7,229
26	4月3日	スギ	4	5	9	8	47	6,050	1.278	7,732
27	4月20日	スギ	3	14	18	17	161	11,000	13.777	151,547
28	5月1日	スギ	4	16	20	18	50	3,828	6.530	25,000
29	5月7日	スギ	3	14	14	14	83	8,400	4.897	41,134
30	5月21日	スギ	3	22	26	24	38	11,100	6.534	72,527

伐推定材積 402 m³ の 53% となり、列状間伐で V_3 をほぼ 0 であると仮定し V_2 を 189 m³ として推定した。M 森林組合の資料によると素材生産費用（A；素材生産費用総額）の内訳は、素材の伐採・搬出・運材費が 1,535,494 円、作業路開設費は総計 1,791,000 円（1,500 円/m）だった。ただし、富岡市から作業路開設に対して 90% 補助があり、今回支払った経費は残り 10% の 179,100 円（150 円/m）となった。また、県から間伐事業（伐採）への補助金が 107,000 円支給された。その他支出は、素材市場での経費（手数料、桟積料）、林産手数料、消費税などであるが素材の売上高を基準としているので、売上金額（P；売上金額総額）の算出時に取り上げることにした。つまり A は 3,326,494 円であり、作業路および間伐の補助金を差し引くと 1,607,594 円となり、単位材積あたりの素材生産費用 a は、15,607 円/m³ となり、補助金などを差し引くと、7,543 円/m³ となった。

(3) 素材市場での素材価格および手数料等

素材を運搬した N 森林組合は月 1 回市を開催している。対象の素材が販売されたのは 2007 年 3 月、4 月、5 月であった。N 森林組合は事前の注文や価格により、市日以外でも製材業者へと販売していた。素材市場へと運搬された素材は、表 1 に示すように、はい積みごとに並べられ、販売された。樹種（スギ 27 山、ヒノキ 3 山）、長級（4 m 材 11 山、3 m 材 16 山、その他の材 2 山）、径級（1～38 cm）、材質（直材 26 山、曲がり材 4 山）ごとに分けられ、全部で 30 山

にはい積みされた。本数は、4 本～300 本、材積は 0.953～13.926 m³（平均 7.105 m³）と多様であった。販売された合計本数は 2,871 本、平均単価は 9,238 円/m³ であった。樹種毎の材積は、スギが 72%、スギ曲がり材が 24%、ヒノキが 5% であり、売上金額はそれぞれスギが 10,152 円/m³、スギ曲がり材 4,966 円/m³、ヒノキが 18,231 円/m³ でヒノキが高く、スギ曲がり材が安価であった。

表 2 には、素材市場におけるはい積みごとにかかる費用を示した。売上金額に消費税 5%（98,885 円）を加えた金額を製材所が森林所有者へ支払った。素材市場での経費は、はい積料として 134,277 円（630 円/m³）および、手数料として 124,604 円（売上金額の 6%）を支払った。M 森林組合に対しては、158,200 円（売上金額の 8%）と消費税（7,910 円）を林産手数料として支払った。したがって、製材所から支払われた金額から素材市場への手数料、M 森林組合への手数料を差し引くと、手取金額（1,651,720 円）が計算される。はい積みごとの手取金額は、3,000 円/m³～21,300 円/m³、平均単価 7,750 円/m³ となった。

4. 木質バイオマス利用の可能性

(1) 純収益と V_1 材の現状分析

森林所有者の市場での手取金額（1,651,720 円）から間伐補助金（107,000 円）を加え、素材生産費（1,535,494 円）、作業道設置費（179,100 円）を引くと、はい積みごとの収益（44,126 円：207 円/m³）が算出された。これを収益の低い

表 2 素材市場での手数料

はい 積み 番号	材積① (m³)	製材所の支払		素材市場への支払		森林組合へ支払		森林所有者の粗収益	
		金額② (円)	消費税込み の金額③ ②*105%	桧積料④ 630円/m³	手数料⑤ ③*6%	林産 手数料⑥ ②*8%	消費税込み の金額⑦ ⑥*105%	収益⑧ ③-(④ +⑤+⑦)	収益/m³⑨ ⑧/①
1	13.926	174,075	182,779	8,773	10,967	13,926	14,622	148,416	10,658
2	5.594	67,128	70,484	3,524	4,229	5,370	5,639	57,092	10,206
3	2.035	15,466	16,239	1,282	974	1,237	1,299	12,684	6,233
4	1.710	14,750	15,488	1,077	929	1,180	1,239	12,242	7,159
5	3.881	20,375	21,394	2,445	1,284	1,630	1,712	15,954	4,111
6	5.344	28,056	29,459	3,367	1,768	2,244	2,357	21,968	4,111
7	4.268	101,834	106,926	2,689	6,416	8,147	8,554	89,267	20,915
8	5.610	71,808	75,398	3,534	4,524	5,745	6,032	61,308	10,928
9	3.002	48,933	51,380	1,891	3,083	3,915	4,110	42,295	14,089
10	14.347	157,817	165,708	9,039	9,942	12,625	13,257	133,470	9,303
11	1.072	10,752	11,290	675	677	860	903	9,034	8,427
12	15.461	177,802	186,692	9,740	11,202	14,224	14,935	150,815	9,755
13	7.974	91,701	96,286	5,024	5,777	7,336	7,703	77,782	9,755
14	0.953	10,007	10,507	600	630	801	841	8,436	8,852
15	8.734	116,162	121,970	5,502	7,318	9,293	9,758	99,392	11,380
16	13.744	145,411	152,682	8,659	9,161	11,633	12,215	122,647	8,924
17	2.460	26,617	27,948	1,550	1,677	2,129	2,236	22,485	9,140
18	18.305	80,560	84,588	11,532	5,075	6,445	6,767	61,214	3,344
19	18.720	105,000	110,250	11,794	6,615	8,400	8,820	83,021	4,435
20	12.901	56,940	59,787	8,128	3,587	4,555	4,783	43,289	3,355
21	5.010	56,613	59,444	3,156	3,567	4,529	4,755	47,965	9,574
22	3.808	44,934	47,181	2,399	2,831	3,595	3,774	38,176	10,025
23	5.834	30,629	32,160	3,675	1,930	2,450	2,573	23,983	4,111
24	4.052	21,273	22,337	2,553	1,340	1,702	1,787	16,657	4,111
25	1.377	7,229	7,590	868	455	578	607	5,660	4,111
26	1.278	7,732	8,119	805	487	619	649	6,177	4,833
27	13.777	151,547	159,124	8,680	9,547	12,124	12,730	128,167	9,303
28	6.530	25,000	26,250	4,114	1,575	2,000	2,100	18,461	2,827
29	4.897	41,134	43,191	3,085	2,591	3,291	3,455	34,059	6,955
30	6.534	72,527	76,153	4,116	4,569	5,802	6,092	61,375	9,393

はい積みより順に並べると表 3 のようになり、36.7%にあたる 11 山のはい積み（合計材積 85 m³、材積割合 40%）において収益がマイナスとなった。マイナス額が多いのは、スギ曲がり材（はい積み番号 18、19）、径級 14 cm 未満のスギ小径木（はい積み番号 4、5、6、23、24、25、26、29）であった。反対にヒノキは高かった。収益がプラスであったはい積みに注目してみると、一山あたりの収益が 4,560 円/m³ 以下のはい積みは、収益がプラスであったはい積みの約 88% だった。

はい積みごとの状況を表 3 で見てみると、収益の範囲はマイナス 4,700 円からプラス 13,400 円までであり、収益が大きな材はほとんどなかった。はい積みの特徴として、① 収益が 4,560 円～13,300 円と高い材（V_{1a}）：本数 77 本（2.68%）、材積 7.27 m³（3.41%）、② 収益が 4,560 円未満の材（V_{1b}）：本数 1,107 本（38.56%）、材積 116.98 m³（54.88%）、③ 収益がマイナスの材（V_{1c}）：本数 1,687 本（58.76%）、材積 86.86 m³（40.75%）に大別することができた。ちなみに 4,560 円で分けたのは、久保山（2009）²⁾ のバイオマスにおける他のエネルギーとの競争可能な金額を参考にした。本事例では、V_{1a} 材はヒノキ材のみなので、他のスギのみの林分では適用されないと思われる。しかし、本事例の列状間伐材を出した原木市場において 2007 年 2 月にはスギ 4 m 材で、径 30 cm 以上が 18,600 円/m³、2007 年 8 月においてスギ 6 m 材で、径 14～18 cm において 17,800 円/m³ で取引されてい

る例もあり、本事例のような V_{1a} 材はヒノキ材だけでなく、スギ材においても存在する可能性がある。V_{1a} を購入する業者は良質のヒノキ材を取り扱う地元製材業者、V_{1b} は一般構造材を取り扱う大規模な製材工場、V_{1c} は母屋角や丸棒などを専門とする製材工場であり、購入するそれぞれの製材工場およびその先の流通によって P が変動する。

大桁山分収林で行なわれた列状間伐の結果は、量が多いことと低質材の割合が多いことから、低質材を多く含む場合の列状間伐となった。しかし、良質材の割合が少ないため、経営的に見ると素材生産費が列状間伐を利用して低くなったことを考慮しても全体でのコスト削減の効果を低くしており、林業経営は成り立ちにくいと思われる。そのため、低質材、特にマイナスとなっている材の有効利用が必要となる。

(2) 素材生産費（A）と V₂ 材積の検討

(1) の結果を V₂ 材の木質バイオマス利用を経営戦略の視点から検討してみよう。A（1,607,594 円）をそのままにして、収益がプラスの材（124,249 m³）のみを素材市場に搬出したとすると a は 7,543 円から 12,938 円となり 5,395 円値上がりし、ほとんどの材がマイナスとなってしまう。ここで、作業路上に散在していた V₂ 材（189 m³）を利用すると考えたとき a は次のように変化する。S 林業がバイオマス利用する際の運搬コストが 2,000 円/m³ で¹⁰⁾、V₂ の集荷コ

表 3 はい積みごとの収益計算

はい積み 番号	材積① (m ³)	森林 所有者② 3(1)より	間伐 補助金③ 3(1)より	素材 生産費④ 3(2)より	作業路 開設費⑤ 3(2)より	純収益⑥ ②+③-④- ⑤	単位材積 あたり純収益 ⑥/①
28	6.530	18,461	3,278	47,042	5,485	-30,788	-4,715
18	18.305	61,214	9,189	131,869	15,376	-76,843	-4,198
20	12.901	43,289	6,476	92,939	10,837	-54,010	-4,187
23	5.834	23,982	2,929	42,028	4,901	-20,018	-3,431
25	1.377	5,661	691	9,920	1,157	-4,725	-3,431
5	3.881	15,954	1,948	27,959	3,260	-13,317	-3,431
6	5.344	21,968	2,683	38,498	4,489	-18,337	-3,431
24	4.052	16,657	2,034	29,191	3,404	-13,903	-3,431
19	18.720	83,021	9,397	134,859	15,725	-58,165	-3,107
26	1.278	6,177	642	9,207	1,074	-3,462	-2,709
3	2.035	12,684	1,022	14,660	1,709	-2,664	-1,309
29	4.897	34,059	2,458	35,278	4,113	-2,874	-587
4	1.710	12,242	858	12,319	1,436	-654	-383
11	1.072	9,034	538	7,723	900	949	885
14	0.953	8,435	478	6,865	801	1,248	1,310
16	13.744	122,647	6,899	99,012	11,545	18,990	1,382
17	2.460	22,486	1,235	17,722	2,066	3,932	1,598
10	14.347	133,470	7,202	103,356	12,051	25,265	1,761
27	13.777	128,167	6,916	99,250	11,573	24,261	1,761
30	6.534	61,376	3,280	47,071	5,489	12,096	1,851
21	5.010	47,965	2,515	36,092	4,208	10,180	2,032
12	15.461	150,814	7,761	111,381	12,987	34,207	2,213
13	7.974	77,782	4,003	57,445	6,698	17,642	2,213
22	3.808	38,177	1,912	27,433	3,199	9,457	2,483
2	5.594	57,092	2,808	40,299	4,699	14,902	2,664
1	13.926	148,416	6,991	100,323	11,698	43,386	3,116
8	5.610	61,308	2,816	40,414	4,712	18,998	3,386
15	8.734	99,392	4,384	62,920	7,337	33,520	3,838
9	3.002	42,295	1,507	21,626	2,522	19,654	6,547
7	4.268	89,268	2,143	30,747	3,585	57,078	13,374

ストがほぼ 0 であると仮定すると、 A' (V_1 以外にも V_2 を木質バイオマスとして利用する際の素材生産費用総額) は V_2 の運搬価格 378,000 円 ($189 \text{ m}^3 \times 2,000$ 円) を A に加えて計算すると、 A' は 1,985,594 円となり、 a は 2,603 円値下がりし 4,939 円となるためマイナス材は大幅に少なくなる。 a' (4,939 円) は、 V_1 以外にも V_2 を木質バイオマスとして利用する際の 1 m^3 あたりの素材生産費用を表し、市場までの運搬費込み価格を表している。 a' よりも安い材 (はい積み番号 28) 6.53 m^3 は、バイオマスの価格が素材価格よりも高いなら V_2 とした方が利益になる。さらに、はい積み料、各種手数料を考慮すると 71.692 m^3 (はい積み番号 5, 6, 18, 19, 20, 23, 24, 25, 26) も加えられ、 V_{1c} 材の 71.692 m^3 が V_2 として活用でき、 V_2 材として活用できる材積は 267 m^3 となり全体の 67% となった。その結果、 V_2 材のバイオマス活用を考えると、多くのバイオマス量を確保出来るだけでなく、単位材積あたりの素材生産費が下がり、 V_1 材からの収益増加も見込めることが分かった。

仮に木質バイオマス利用が可能であるとした場合、列状間伐のメリットを活かした V_1 と V_2 材の関係を経営戦略という視点から考察する。注目すべきは大別された V_{1a} , V_{1b} , V_{1c} をどのように V_1 , V_2 , V_3 に分配するかである。つまり、一つ目は全て木質バイオマス資源として利用する戦略である。この場合、長級、径級など市況を考慮しなくても良いので、効率が上がり a はさらに低下すると考えられ

る。特に低質材が多く生産されると考える場合の戦略である。二つ目は一部を伐出し、残りを木質バイオマス資源として利用する戦略である。良質材や一般材が存在する場合である。そして三つ目は良質材のみを搬出する戦略である。列状間伐により良質材が多く搬出される場合である。事例では、良質材が全体の 3.41% と少ないため第 1 あるいは第 2 が適当である。

(3) 列状間伐と木質バイオマス資源の利用条件と今後の方向性

事例では、構造材の利用を優先して曲がり丸太や小丸太などの低質材を中心に木質バイオマスを検討してきた。価格という点からみると、木質バイオマス資源を利用することにより、 a が安価となり V_1 材が多く生産される。

地域という視点から木質バイオマス資源の安定供給を考察すると、低質材 (曲がり丸太や小丸太) を利用している製材業者は、母屋角や丸棒生産業者であり地域内には少ない。木質バイオマス資源利用は、これらの製材工場の経営に大きな影響をおよぼす。低質材の価格を上げないと素材を購入できなくなる。そうすると需要の多い一般材の価格にも影響するものと考えられる。つまり、木質バイオマス資源利用は、地域の製材工場や素材市場の影響を与え、素材価格の変動にしがたい木質バイオマス資源の利用可能材積も異なってくる。木質バイオマス資源の安定供給のため

には、素材価格を高価で安定することであるが、それが困難な場合は、若齢林が低質材生産林分のみ^aが安価となり列状間伐などにより供給することになるだろう。したがって、地域の森林の年齢構成や資源状態を考慮しながら、木質バイオマス資源利用を考える必要がある。さらに、わが国の林業が構造材を中心としてきたやり方から、木質バイオマス資源利用を視野に入れた林業、例えば成長量や蓄積を重視する森林施業へと変化する可能性も考えられる。

列状間伐を取り入れるかどうかは、単に素材生産費を安価に押さえるだけでなく、森林経営の方向性を高品質の木材を生産するような森林へと導くのか、木質バイオマス資源利用のように、量的な生産を目指すのかによって異なる。これは、それぞれの地域における素材市場、製材工場との関係やその先の木材利用と関連して結論づけられなければならないだろう。

参考文献

- 1) 日本林業技術協会編，森林・林業百科事典，社団法人日本林業技術協会，2001年，808.

- 2) 久保山裕史，(2009) 森林バイオマスのエネルギー利用の可能性，林業経済，61 (12)，18-24.
- 3) 泊みゆき，(2009) 海外におけるバイオマス利用の現状と課題，林業経済，61 (12)，2-6.
- 4) 渡辺 徹，(2009) 岩手県における木質バイオマスエネルギー拡大利用の取り組み，林業経済，61 (12)，7-11.
- 5) 大場龍夫，2005，森林バイオマス最前線，林業改良普及双書，東京
- 6) 大原誠資，(2009) 木質バイオマス利活用の今後の展望，山林，1501，138-145.
- 7) 森林総合研究所監修，2004，木材工業ハンドブック，丸善，東京，14.
- 8) 東京農業大学農学部林学科，1996，林学創設50周年記念誌，42-43.
- 9) 田中良哲・佐藤孝吉・田中万里子，(2009) 東京農業大学大桁山分収林の森林GIS導入研究，東京農業大学農学集報，54 (2)，128-134.
- 10) 関東におけるバイオマスの事業化支援サイト，環境バイオマス総合対策事業平成20年度報告書(2009年参照) http://www.kanto-biomass.com/wp-content/uploads/pdf/H20forest_biomass_report.pdf, 18-20.

The Possibility of Wood Biomass Usage by Line Thinning

—The case of the profit sharing forest of Tokyo University of Agriculture—

By

Satoshi YOSHINO*, Kazuhiro YABE** and Takayoshi SATO**

(Received November 11, 2009/Accepted March 12, 2010)

Summary : Wood biomass is a renewable resource, which substitute of the petrification resource, and now it is receiving attention because of multiple functions, not only an energy resource but also other functions such as environment conservation. But at the practical phase, the wood biomass is difficult to use because yarding of slash is not easy, the cost and income makes reflection each other, and those resources were disposed the forest. So for the sufficient use of wood biomass, we should consider the supply and use method with strategy that considers cost and income. Line thinning is a consolidated thinning method and its cost is low, while slash lies scattered in the vicinity of the yarding road. Thus, it was considered that wood biomass from line thinning could be classified into V_1 (the estimated volume shipped to the market), V_2 (the estimated wood biomass left on the skidding road), V_3 (volume of log remaining in the stand). So the study focuses on the possibility of wood biomass usage in terms of cost and income in the case of line thinning in the shared forest of Tokyo University of Agriculture. The results showed that the estimated total volume of thinned was 402 m³, i.e. V_1 was 213 m³, i.e. V_2 was 189 m³ and i.e. V_3 was not considered. Total logging cost excluding cost of yarding road construction was calculated to be 1,535,494 yen, and the cost of logging road was 1,791,000 yen. The final total cost of line thinning was 1,607,594 yen (7,543 yen/ m³) which was deleted because of subsidy for the thinning and establishment of yarding road. According to the income by log cluster, V_1 was divided into three groups; the first income was minus, the second income was under 4,560 yen (border value of the competition price by other energy that KUBOYAMA (2009) reported), and the third income was between 4,560~13,300 yen. From the site of forest management, we considered the following strategies: The first is that only V_1 is used. But if it is, the cost turned out to be more whereas total income decreased. The second is that, for part of V_1 and all of V_2 for the wood biomass, the thinning cost turned down and the wood group whose income is minus was decreased greatly and other group's income was increased. The third is that all thinned wood is for wood biomass use. If V_2 log could be use as wood biomass, total harvesting cost would decrease and minus log would also decrease. In this case study, it was recommended to apply for wood biomass use, a portion of the logs or total logs due to a few high benefit if there are demands on wood biomass. So if we consider the possibility of biomass use by line thinning in this case, it is effective to choose the strategy that wood from line thinning is for total use of wood biomass.

Key words : line thinning, wood biomass usage, log price, harvesting cost, management strategy

* Department of Forest Science, Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture

** Department of Forest Science, Faculty of Regional Environment Science, Tokyo University of Agriculture